

UPOREDNA ANALIZA DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA VENTILA ZA ZAŠTITU OD PRODORA VAZDUŠNOUDARNOG TALASA U UNUTRAŠNJOST OBJEKTA

UDC: 621.646.5:623.454.833

Rezime:

U više stotina izvršenih opita na ventilima različitih otpornosti, dimenzija i konstrukcija, dobijeni rezultati podudaraju se sa teorijskim rezultatima, što pokazuje da su teorijski opisi procesa zatvaranja ventila pouzdan put za dalji rad na ovoj problematici. Za proračun vremena zatvaranja ventila korišćene su teorijske vrednosti pritiska u frontu direktnog vazdušnouдарnog talasa, a pošto teorijski proračunata vremena zatvaranja ne odstupaju od eksperimentalno izmerenih, to znači da su indirektnim putem verifikovani simulirani – proizvedeni parametri vazdušnouдарnog talasa, odnosno uređaja za simuliranje njegovih parametara. Dat je opis i proračun uređaja za proizvođenje vazdušnouдарnog talasa. Izložen je metod eksperimentalnog određivanja vremena zatvaranja protivudarnih ventila.

Ključne reči: nuklearna eksplozija, vazdušnouдарni talas, parametri talasa, zaštita, mehanički sistemi, protivudarni ventili, uređaj za proizvođenje vazdušnouдарnih talasa, proračun karakteristika uređaja, dinamičke karakteristike, vreme zatvaranja, eksperiment, eksperimentalne metode, rezultati eksperimenta.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF VALVES FOR PROTECTING OBJECT INTERIOR AGAINST AIR-BLAST WAVES

Summary:

Results of hundreds of experiments with valves of different resistance, dimensions and constructions are in good accordance with theoretical results, which shows that theoretical descriptions of valve closing procedures represent a reliable way which should be followed in this field. The theoretical pressure values in the front of a direct air-blast wave have been used to calculate the valve closing time. Since theoretically calculated closing times do not differ from those experimentally measured, it means that simulated parameters of air-blast waves, i.e. parameters of an ABW instrument, have been indirectly verified. The ABW simulation instrument has been described, its calculation has been given as well as the method for experimental determination of shut-off valves closing times.

Key words: nuclear explosion, air-blast wave, wave parameters, shelter, mechanical systems, anti-shock valves, air-blast wave simulation equipment, calculation of equipment characteristics, dynamic characteristics, closing time, experiment, experimental methods, experimental results.

Uvod

Proračunate i realizovane konstrukcije ventila pre ugradnje potrebno je

ispitati u pogledu predviđene funkcionalnosti i otpornosti na dejstvo impulsa pritiska vazdušnouдарnog talasa (VUT). Ispitivanja se obavljaju na uređajima [1–7]

u kojima je moguće proizvesti željene parametre, tj. pritisak u frontu direktnog i reflektovanog talasa, reflektovani pritisak, vreme trajanja impulsa pritiska, tok promene pritiska u vremenu adekvatne parametrizma VUT-a nastalog pri nuklearnoj eksploziji, i posredno ili neposredno određivanje vremena zatvaranja ventila u zavisnosti od nivoa pritiska i konstrukcijskih parametara ventila.

U okviru ovog rada provereni su teorijski rezultati vremena zatvaranja ventila eksperimentalnim metodama, odnosno stepen saglasnosti teorijski dobijenih rezultata vremena zatvaranja ventila sa eksperimentalnim, a time i to da teorijski definisani analitički izrazi vremena zatvaranja budu osnova za konstruisanje ventila različitih otpornosti i nazivnih prečnika.

Korišćene oznake:

t_z, T_z – vreme zatvaranja ventila,
 m – masa pokretnog sklopa,
 x_0 – hod pokretnog sklopa ventila,
 p_f – pritisak u frontu direktnog vazdušnoudarnog talasa,
 D_1 – prečnik membrane ventila,
 d_2 – prečnik otvora membrane ventila,
 C – krutost opruge ventila,
 x_n – vrednost elastične podužne deformacije opruge ventila u ravnotežnom položaju pokretnog sklopa,
 p_r – reflektovani pritisak,
 VUT – vazdušnoudarni talas,
 M_s – Mahov broj u frontu udarnog talasa,
 v_f – brzina fronta direktnog talasa,
 a – brzina zvuka,
 p_1 – pritisak u komori niskog pritiska,
 p_5 – pritisak u komori visokog pritiska,
 $p/p_1, p_5/p_1, p_r/p_1$ – bezdimenzionalne veličine,
 l_u – ukupna dužina simulatora,

l_1 – dužina komore niskog pritiska (ekspanziona komora),
 l_5 – dužina komore visokog pritiska,
 c – odnos dužine komore visokog pritiska i komore niskog pritiska,
 d – unutrašnji prečnik cevi simulatora,
 V – ukupna zapremina cevi simulatora,
 f – površina otvora ekspanzionog ventila,
 τ – vreme pozitivne faze VUT-a,
 h – veličina otvora ekspanzionog ventila,
 d_1 – prečnik otvora ekspanzionog ventila,
 l – rastojanje piezoelektričnih pretvarača pritiska S_1 i S_2 ,
 t – vreme za koje front direktnog VUT-a pređe rastojanje l ,
 v_r – brzina u frontu reflektovanog talasa,
 t_1 – vreme za koje front reflektovanog talasa pređe rastojanje l .

Teorijski izraz vremena zatvaranja ventila

Na osnovu teorijskih postavki na originalan način definisan je analitički izraz vremena zatvaranja ventila u zavisnosti od nivoa pritiska u frontu direktnog VUT-a i niza konstrukcijskih parametara, u obliku [1, 8, 9]:

$$t_z = \left(\frac{m}{1000c} \right)^{1/2} \arccos \left[1 - \frac{4000c(x_0 + x_n)}{p_f \pi (D_1^2 - d_2^2)} \right], \quad (1)$$

odnosno

$$T_z = 2 \left[\frac{2m(x_0 + x_n)}{p_f \pi (D_1^2 - d_2^2) - 4000C(x_0 + x_n)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

gde je:

t_z, T_z [s] – vreme zatvaranja ventila;
 m [kg] – masa pokretnog sklopa ventila;
 x_0 [m] – hod pokretnog sklopa ventila;

x_n [m] – vrednost prethodnog – elastičnog ugiba opruge ventila;

p_f [N/m²] – pritisak u frontu direktnog VUT-a;

D_1 [m] – prečnik membrane ventila;

D_2 [m] – prečnik otvora membrane ventila,

C [N/mm] – krutost opruge ventila.

Analizom analitičkog izraza vremena zatvaranja ventila usled dejstva direktnog VUT-a može se zaključiti da ako se ista konstrukcija ventila izloži različitim vrednostima pritiska, odnosi kvadrata vremena zatvaranja ventila obrnuto su proporcionalni pritiscima u frontu direktnog VUT-a [1]:

$$\left(\frac{T_{z_1}}{T_{z_2}} \right)^2 = \frac{p_{f_2}}{p_{f_1}} \quad (3)$$

gde je:

T_{z_1} – vreme zatvaranja ventila pri dejstvu pritiska p_{f_1} ;

T_{z_2} – vreme zatvaranja ventila pri dejstvu pritiska p_{f_2} .

Analitički izraz vremena zatvaranja ventila primenjen je na protivudarni ventil domaće konstrukcije, nazivnog prečnika 350 mm, otpornosti 300, 600 i 900 kPa. Podaci za navedeni ventil su: $m = 1,98$ kg – masa pokretnog sklopa ventila, $x_0 = 0,052$ m – hod pokretnog sklopa ventila, $D_1 = 0,480$ m – prečnik membrane ventila, $d_2 = 0,045$ m – prečnik otvora membrane ventila, $C = 4,2$ N/mm – krutost opruge ventila, $x_n = 0,0075$ m – vrednost elastičnog prethodnog ugiba opruge ventila u ravnotežnom položaju pokretnog sklopa ventila.

Za uslovljene otpornosti ventila od 300, 600 i 900 kPa, na osnovu funkcionalne veze oblika: $p_r = 2p_f + \frac{6p_f^2}{p_f + 7,2}$

[bar], nalaze se odgovarajuće vrednosti pritiska p_f u frontu direktnog talasa, koje iznose: 108000; 186000 i 253000 N/m², respektivno.

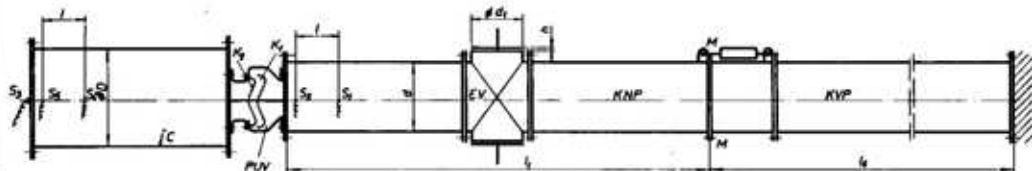
Na osnovu navedenih podataka, vremena zatvaranja ventila otpornosti 300; 600 i 900 kPa nalaze se na osnovu izraza (1) i (2), i iznose: 3,28; 2,49 i 2,14 ms, respektivno.

Eksperimentalna metoda određivanja vremena zatvaranja ventila

Opis uređaja za proizvodjenje impulsa pritiska vazdušnouduarnog talasa

Radi nalaženja optimalnih rešenja ventila namenjenih zaštiti od prodora VUT-a u objekat, i provere otpornosti pre ugradnje, potrebno je izvršiti provere ispitivanja ovih konstrukcija na opterećenja koja se neznatno razlikuju od dejstva VUT-a nuklearne eksplozije. Jedino eksperimentom potvrđena teorijska razmatranja mogu dati pouzdana tehnička rešenja konstrukcija otpornih na VUT. Za ove svrhe koristi se poseban uređaj u kojem je moguće ostvariti opterećenja koja su identična (ili približna) dejstvu pritiska VUT-a nuklearne eksplozije u vazduhu [1, 2, 3, 4, 6, 10, 11]. Ovde je ukazano na „simulator impulsa izjednačavajućeg pritiska konstantnog preseka“ [1, 5, 10, 12].

Simulator impulsa izjednačavajućeg pritiska reflektovanog VUT-a (slika 1) sastoji se od pogonske komore zapremine V_5 i ekspanzione komore zapremine V_1 , istog poprečnog preseka. Komore su razdvojene rasprskavajućom membranom. U pogonskoj komori vazduh je pod apsolutnim pritiskom p_5 , a u ekspanziji



Sl. 1 – Načelna shema uređaja za proizvodnje parametara VUT-a:

KVP – komora visokog pritiska, KNP – komora niskog pritiska, M+M – membrana, EV – ekspanzioni ventil, PUV – ventil koji se ispituje, IC – impulsna cev, l_1 – dužina pogonske komore, S_1 , S_2 , S_3 – piezoelektrični pretvarači pritiska, S_3 – piezoelektrični pretvarač za registrovanje propusnog pritiska ventila, K_1 – kontakt za registrovanje trenutka polaska pokretnog sklopa, K_2 – kontakt za registrovanje trenutka zatvaranja ventila, S_4 , S_5 – piezoelektrični pretvarači pritiska, l_1 – dužina komore niskog pritiska, h – veličina otvora ekspanzionog ventila

noj komori vazduh je atmosferskog pritiska p_1 .

Na ekspanzionoj komori postavljen je ventil sa regulišućim otvorima za isticanje vazduha. Na kraju ekspanzione komore postavlja se ventil koji se ispituje na željeni impuls pritiska.

Nakon rasprskavanja membrane, oslobođena energija izaziva porast pritiska u komori niskog pritiska čime se stvara vazdušnoudarani talas sa pritiskom p_f u frontu talasa. Kada ovaj talas naide na ventil koji se ispituje, reflektuje se, pri čemu se stvara reflektovani pritisak p_r , nekoliko puta veći od pritiska u frontu direktnog talasa. U procesu dejstva VUT-a reflektovani pritisak postepeno opada od svoje maksimalne vrednosti na atmosferski pritisak za određeno vreme τ . Tok promene reflektovanog pritiska uslovljen je konstrukcijom simulatora i veličinom regulišućih otvora ventila, postavljenog na komori niskog pritiska. Pri većim otvorima na regulišućem ventilu, vreme τ je kraće, i obrnuto. U ovakvom simulatoru impulsa izjednačavajućeg pritiska mogu se ostvariti impulsi pritiska različitog trajanja, odnosno proizvesti sledeći parametri VUT-a: pritisak u frontu direktnog talasa, reflektovani pritisak, trajanje impulsa pritiska, tok promene pritiska u funkciji vremena, brzina fronta udarnog

talasa nezavisno od dužine komore niskog pritiska. To je omogućeno ugradnjom ekspanzionog ventila na komori niskog pritiska sa regulišućim otvorima, i prigušenog sistema u komori visokog pritiska.

Definisanje radnih i dimenzionalnih karakteristika simulatora impulsa pritiska VUT-a

Ovde će se izneti definicije parametara impulsa pritiska VUT-a koji se mogu realizovati u simulatoru, i njihova međuzavisnost [1, 2, 5, 12, 13].

Pritisak u frontu direktnog talasa

Apsolutna vrednost pritiska u frontu direktnog VUT-a definisana je izrazom:

$$\frac{p_f}{p_1} = \frac{7Ms^2 - 1}{6} \quad (4)$$

U ovom izrazu je Ms – Mahov broj fronta direktnog talasa, koji se definiše sa:

$$Ms = \frac{V_f}{a} \quad (5)$$

pri čemu je:

V_f – brzina direktnog VUT-a;
 a – brzina zvuka;

p_f – apsolutni pritisak u frontu direktnog VUT;

p_1 – apsolutni pritisak u komori niskog pritiska.

Reflektovani pritisak

$$\frac{p_f}{p_1} = \frac{(7Ms^2 - 1)(8Ms^2 - 2)}{6(Ms^2 + 5)} \quad (6)$$

Za realizaciju pritiska p_f i p_r u pogonskoj komori mora delovati komprimirani vazduh pritiska p_5 .

Pritisak u pogonskoj komori

Da bi se omogućio proces formiranja vazdušnouduarnog talasa, u pogonskoj komori simulatora potrebno je obezbediti odgovarajući pritisak p_5 (odnosno p_5/p_1). Nakon rasprskavanja membrane formira se, u komori niskog pritiska, udarni talas sa pritiskom p_f (p_f/p_1) u frontu. Front udarnog talasa kreće se brzinom v_f , odnosno Mahovim brojem Ms . Između pogonskog pritiska p_5/p_1 i Mahovog broja Ms fronta udarnog talasa postoji određena funkcionalna zavisnost u slučaju kada je vazduh u obe komore [4, 14]. Ta zavisnost određena je jednačinom [1, 13]:

$$\frac{p_5}{p_1} = \frac{(7Ms^2 - 1)}{6 \left(1 - \frac{Ms^2 - 1}{6Ms}\right)^7} \quad (7)$$

Može se uočiti da svakom Mahovom broju Ms odgovara jedna vrednost pritiska p_5 , odnosno (p_5/p_1) u pogonskoj komori simulatora, i obratno.

Odnos dužina komora l_5/l_1

Da bi se ostvario planirani proces u simulatoru, odnos dužine pogonske ko-

more l_5 i dužine ekspanzione komore l_1 mora imati određenu zavisnost. U slučaju da se vazduh nalazi u obe komore, ovaj odnos se definiše jednačinom [17, 58]:

$$\frac{l_5}{l_1} \left[\frac{1}{\left(1 - \frac{Ms^2 - 1}{6Ms}\right)^7} - \frac{8Ms^2 - 2}{Ms^2 + 5} \right] = \frac{8Ms^2 - 2}{Ms^2 + 5} - \frac{6}{7Ms^2 - 1} \quad (8)$$

Iz ove jednačine sledi da je:

$$\frac{l_5}{l_1} = c = \text{const.} \quad (9)$$

za određeni nivo reflektovanog VUT-a koji se želi realizovati u simulatoru.

Ukupna dužina simulatora l_u je:

$$l_u = l_1 + l_5 \quad (10)$$

Ako je poznat odnos l_5/l_1 , definisan jednačinom (9), odnosno (10), onda je pri usvajanju dužine pogonske komore l_5 definisana i dužina komore niskog pritiska, i izračunava se iz jednakosti:

$$l_1 = \frac{l_5}{c} \quad (11)$$

Zapremina simulatora

Ukupna zapremina simulatora računa se po obrascu:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} (l_1 + l_5) \quad (12)$$

gde je d unutrašnji prečnik cevi simulatora.

Površina otvora ekspanzionog ventila

Površina otvora ekspanzionog ventila definisana je izrazom:

$$f = \frac{2,55}{1000} \cdot \frac{v}{0,66\tau} \quad (13)$$

gde je:

- f [cm²] – površina otvora ekspanzionog ventila;
- v [m³] – zapremina cevi simulatora;
- τ [ms] – vreme traženja pozitivne faze VUT-a.

Veličina otvora ekspanzionog ventila

Otvor ekspanzionog ventila definisan je izrazom:

$$h = \frac{f}{2\pi d_1} \quad (14)$$

pri čemu je d_1 prečnik otvora ekspanzionog ventila.

Na osnovu navedenih izraza proračunate su radne i dimenzionalne karakteristike simulatora prečnika 350 mm za ispitivanje dinamičkih karakteristika ventila otpornosti 300; 600 i 900 kPa (tabela 1).

Bitne radne i dimenzionalne karakteristike simulatora: p_f/p_1 , p_r/p_1 ; p_s/p_1 ; l_s/l_1 , izražene su u funkciji Mahovog broja M_s . Iz toga sledi da su, poznavanjem Mahovog broja M_s , navedenim jednačinama definisane karakteristike simulatora. Tako, na primer, usvajanjem p_r/p_1 određuje se M_s po jednačini (6), i poznavanjem vrednosti Mahovog broja M_s lako se određuju ostale karakteristike simulatora: p_f/p_1 ; p_s/p_1 ; l_s/l_1 .

Tabela 1

Proračun radnih i dimenzionalnih karakteristika simulatora impulsa izjednačavajućeg VUT-a

Veličina	Oznaka	Dimenzija	Numerički podaci		
			3	6	9
Uslovljene vrednosti za reflektovane natpritiske (otpornost ventila)	Δp_r	$\frac{\text{bar}}{\text{Pa}}$	300000	600000	900000
Odgovarajuće apsolutne vrednosti reflektovanih pritisaka	p_r/p_1	/	4	7	10
Mahov broj fronta VUT-a za zadate reflektovane pritiske, jednačina (5)	M_s	/	1,358	1,61	1,775
Apsolutna vrednost pritiska u frontu VUT-a, (4)	p_f/p_1	/	2,08	2,86	3,52
Apsolutna vrednost pritiska u pogonskoj komori (7)	p_s/p_1	/	4,8	10	17
Usvojena dužina pogonske komore	l_s	m	12	12	12
Odnos dužina komora (9)	l_s/l_1	/	4,2	2	1,25
Dužina komore niskog pritiska, (11)	l_1	m	2,86	6	9,6
Ukupna dužina simulatora, (10)	l_u	m	14,86	18	21,6
Ukupna zapremina simulatora, (12), pri $d = 350$ mm	V	m ³	1,431	1,73	2,08
Površina otvora ekspanzionog ventila, (13), za $\tau = 1900$ ms	f	cm ²	32	38,7	46,5
Veličina otvora ekspanzionog ventila, (14), za prečnik izlaznog otvora $d_1 = 270$ mm	h	mm	2,0	2,3	2,7

Metoda eksperimentalnog određivanja funkcionalnih parametara ventila

Metoda određivanja parametara impulsa pritiska VUT-a

Načelna šema simulatora za proizvođenje impulsa pritiska VUT-a prikazana je na slici 1. Piezoelektrični pretvarači pritiska S_1 i S_2 služe za registrovanje toka promene pritiska u frontu direktnog i reflektovanog VUT-a, odnosno za indirektno određivanje brzine kao i Mahovog broja Ms , preko kojeg se lako određuje apsolutna vrednost pritiska u frontu direktnog talasa po jednačini (5).

Karakteristike pritiska u frontu direktnog i reflektovanog pritiska koji registruju piezoelektrični pretvarači S_1 i S_2 fazno su pomerene za t , odnosno t_1 . Rastojanje između pretvarača S_1 i S_2 označeno je sa l .

Brzina u frontu direktnog talasa određuje se po jednačini:

$$v_f = \frac{l}{t} \quad [\text{m/s}] \quad (15)$$

pri čemu je t vreme za koje front direktnog talasa pređe rastojanje l između piezoelektričnih pretvarača S_1 i S_2 .

Brzina u frontu reflektovanog talasa određuje se po obrascu:

$$v_r = \frac{l}{t_1} \quad [\text{m/s}] \quad (16)$$

gde je t_1 vreme za koje front direktnog talasa pređe rastojanje l između pretvarača S_1 i S_2 .

Kada se odrede brzine v_f i v_r , na osnovu jednačina (15) i (16), određuje se

Mahov broj Ms . Pomoću jednačina (4) i (6) definisane su odgovarajuće vrednosti pritiska p_f i p_r . To je indirektna metoda određivanja parametara impulsa pritiska VUT-a.

Direktna metoda određivanja vremena zatvaranja ventila

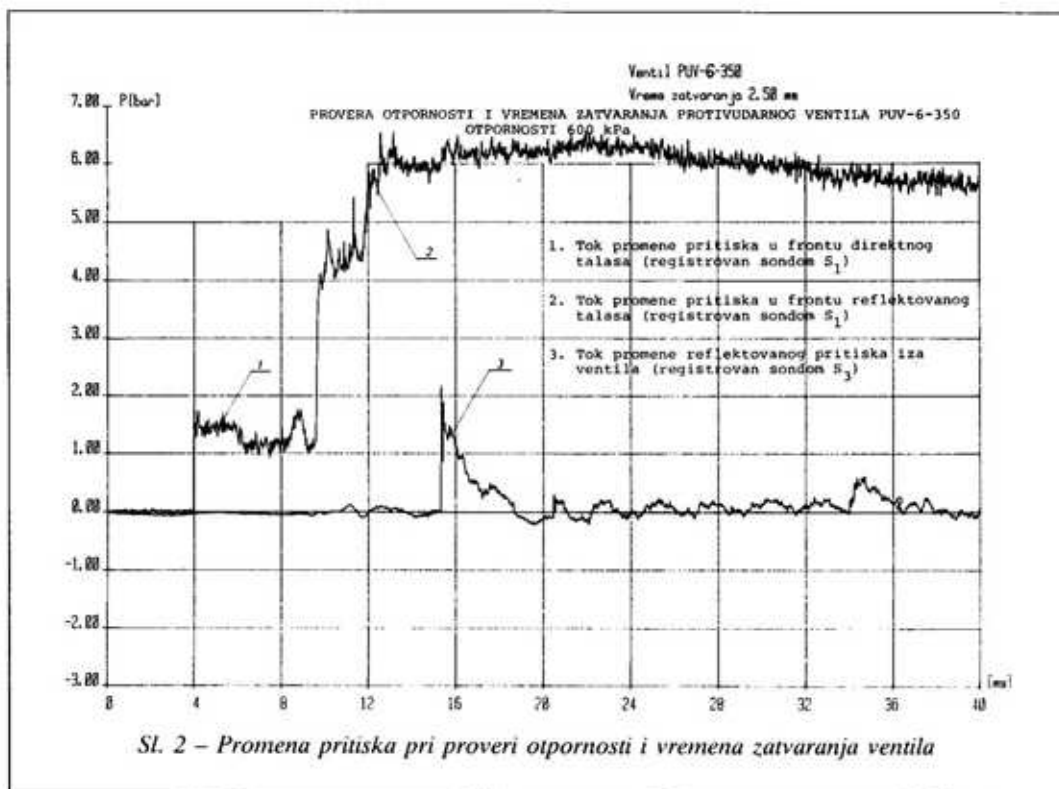
Vreme zatvaranja ventila određuje se kao fazna razlika vremena koje protекne od trenutka polaska pokretnog sklopa ventila, koji se registruje kontaktom „ K_1 “ (slika 1), i trenutka zatvaranja ventila, koji se registruje pomoću kontakta „ K_2 “. Uređaj za registrovanje vremena zatvaranja priključen je na kontakte „ K_1 “ i „ K_2 “. Na ekranu ovog uređaja očitava se vreme zatvaranja ventila. Tok promene reflektovanog propusnog pritiska iza ventila registruje se pomoću piezoelektričnog pretvarača pritiska S_3 . Piezoelektrični pretvarači S_4 i S_5 registruju tok promene pritiska u frontu direktnog reflektovanog pritiska iza ventila (propusnog pritiska).

Eksperimentalni rezultati ispitivanja vremena zatvaranja i otpornosti protivudarnog ventila PUV-350

Na opisanom simulatoru impulsa pritiska obavljena su ispitivanja otpornosti ventila i vremena zatvaranja ventila PUV-350 domaće proizvodnje.

Provera otpornosti i vremena zatvaranja protivudarnog ventila PUV-350, otpornosti 600 Pa

Provera otpornosti ventila izvršena je na simulatoru impulsa pritiska VUT-a, pri dejstvu reflektovanog pritiska 600 kPa. Tok promene pritiska u frontu di-



reknog, reflektovanog pritiska i propusnog pritiska (krive 1, 2 i 3) prikazan je na slici 2. Pomoću uređaja za određivanje vremena zatvaranja registrovano je vreme zatvaranja ventila od 2,50 ms.

Provera otpornosti i vremena zatvaranja protivudarnog ventila PUV-350, otpornosti 900 kPa

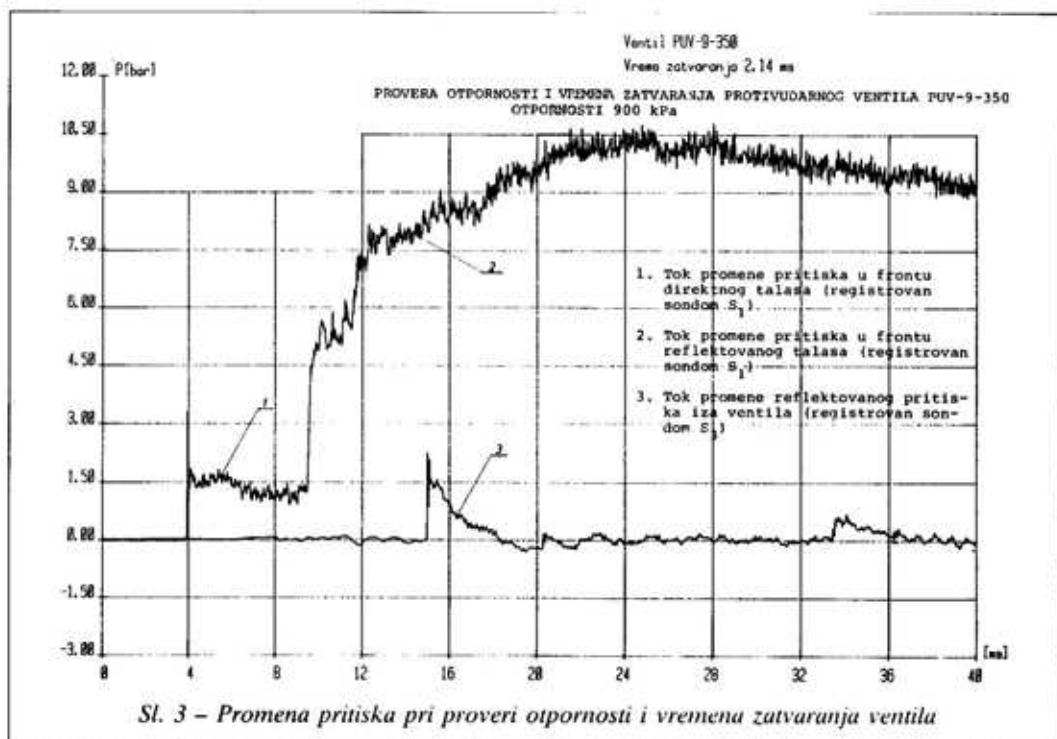
Konstrukcija ventila izložena je dejstvu reflektovanog pritiska VUT-a od 900 kPa. Uređaj za određivanje vremena zatvaranja registrovao je vreme zatvaranja od 2,14 ms. Protivudarni ventil izdržao je opterećenje i očuvao funkciju. Tok promene pritiska u frontu direktnog, reflektovanog i propusnog pritiska iza ventila, prikazan je na slici 3.

Provera zatvaranja ventila PUV-350 pri dejstvu pritiska u frontu VUT-a od 0,25 bar

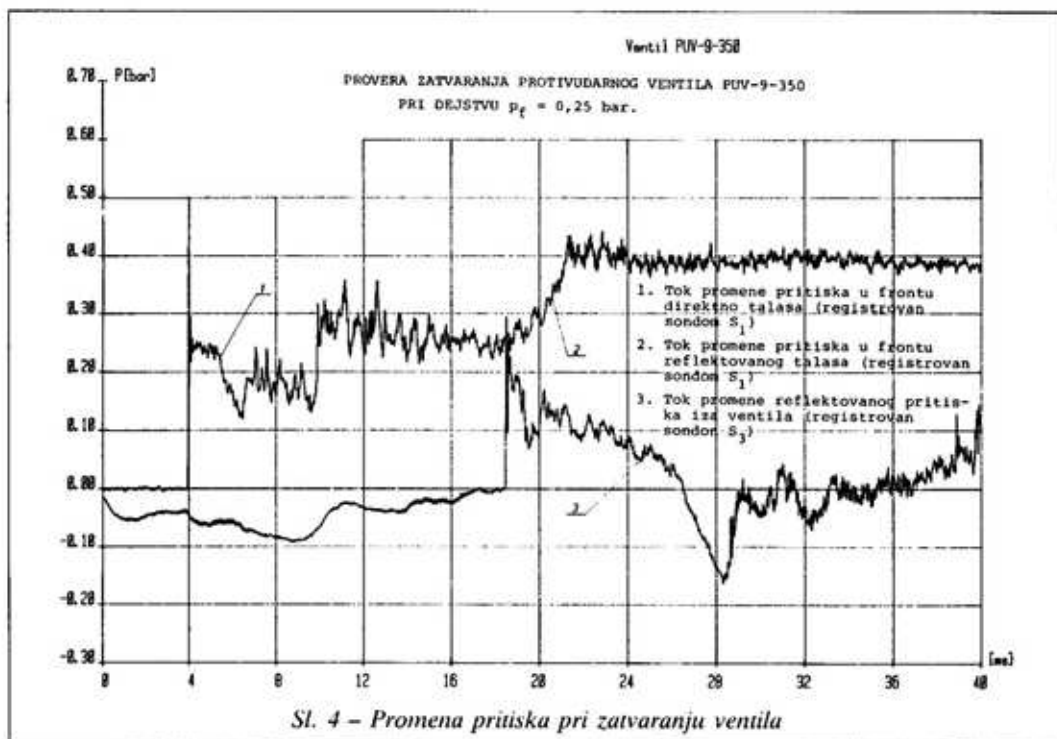
Pre i posle obavljenih ispitivanja – provera vremena zatvaranja ventila i otpornosti ventila izvršena je provera zatvaranja ventila pri dejstvu pritiska od 0,25 bar. Tok promene pritiska u frontu direktnog i frontu reflektovanog pritiska, kao i tok promene reflektovanog pritiska (propusnog pritiska) iza ventila, prikazan je na slici 4.

Uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata

Uporedni podaci teorijskih i eksperimentalnih rezultata vremena zatvaranja



Sl. 3 – Promena pritiska pri proveru otpornosti i vremena zatvaranja ventila



Sl. 4 – Promena pritiska pri zatvaranju ventila

Uporedni rezultati teorijskih i eksperimentalno dobijenih vremena zatvaranja ventila

	Protivudarni ventil PUV-350		
	PUV-3-350	PUV-6-350	PUV-9-350
	Vreme zatvaranja ventila [ms]		
Teorijski rezultati vremena zatvaranja ventila, jednačina (1) i (2)	3,28	2,49	2,14
Eksperimentalni rezultati vremena zatvaranja ventila	3,25; 3,27; 3,28	2,50; 2,50; 2,51	2,15; 2,14; 2,15; 2,15

protivudarnog ventila PUV-350, otpornosti 300; 600 i 900 kPa, prikazani su u tabeli 2.

Zaključak

Na više stotina izvršenih opita na ventilima različitih otpornosti, dimenzija i konstrukcija, dobijeni rezultati podudaraju se sa teorijskim rezultatima, što pokazuje da su teorijski opisi procesa zatvaranja ventila pouzdan put za dalji rad na ovoj problematici.

Za proračun vremena zatvaranja ventila korišćene su teorijske vrednosti pritiska u frontu direktnog vazdušnoudarnog talasa, a kako teorijski proračunata vremena zatvaranja ne odstupaju od eksperimentalno izmerenih, nameće se zaključak da su indirektnim putem verifikovani simulirani – proizvedeni parametri vazdušnoudarnog talasa, odnosno uređaja za proizvodjenje parametara VUT-a.

Dobijeni eksperimentalni podaci istraživanja u saglasnosti su sa podacima dobijenim na osnovu teorijski definisanih analitičkih modela, što pokazuje ispravnost analitički definisanih modela.

Za prezentovane koncepcije reprezentativnih protivudarnih ventila mehaničkih sistema, namenjenih za sprečavanje prodora direktnog VUT-a u objekat, analizom teorijskih i eksperimentalnih rezultata istraživanja, definisana su opti-

malna rešenja sličnih ventila i kriterijumi za izbor optimalnih rešenja.

Koristeći originalne analitičke izraze, konstruisani su dijagrami za praktičnu primenu za sve standardne ventile, kojima je definisan zakon zatvaranja ventila sličnih konstrukcija, pod neposrednim dejstvom direktnog VUT-a i mehanički (aerodinamički) otpori strujanju vazduha kroz ventile u funkciji protoka vazduha, što je i od praktične koristi.

Prezentovane reprezentativne karakteristične koncepcije ventila mehaničkih sistema, prihvatljive sa stanovišta praktične primene, karakteriše jedan veoma krupan nedostatak: ne postoji autonomija objekta u koji se ugrade sa aspekta zaštite od prodora VUT-a i naknadnih efekata nuklearne eksplozije (radiološka kontaminacija) u unutrašnjost objekta. Ovaj nedostatak posebno je izražen kod ventila većih protočnih karakteristika i viših otpornosti na dejstvo reflektovanog pritiska VUT-a nuklearne eksplozije.

Razvoj i analitičko definisanje sistema za automatsko zatvaranje ventilacionih otvora objekata specijalne namene, posredstvom efekata nuklearne i klasične eksplozije i bojnih otrova, u potpunosti otklanja krupan nedostatak prezentovanih reprezentativnih, kod nas i u svetu poznatih rešenja ventila mehaničkih sistema, koji se zatvaraju pod neposrednim dejstvom VUT-a nuklearne eksplo-

zije i postiže se autonomija objekta u koji se ugradi.

Literatura:

- [1] Knežević, D.: Istraživanje optimalnih rešenja ventila za zaštitu od vazdušnouđarnih talasa nuklearne eksplozije u vazduhu i uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata, magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1983.
- [2] Knežević, M. D.: Prilog analitičkom definisanju pneumatičkih karakteristika sistema ventila specijalne namene, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1994.
- [3] Knežević, D.: Simulatori impulsa izjednačavajućeg pritiska reflektovanog vazdušnouđarnog talasa klasične i nuklearne eksplozije, Elaborat o internim ispitivanjima na simulatoru II impulsa reflektovanog vazdušnouđarnog talasa, Vojnotehnički institut KoV, 07-27-71, Beograd, 1982., strana 83.
- [4] Mandić, J.: Ostvarivanje udarnog kratkotrajnog impulsa pritiska u udarnim cevima izjednačavajućeg pritiska, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1976.
- [5] Mandić, J., Knežević, D.: Analitički metod određivanja zavisnosti zapremine komore i propusnog pritiska protivudarnih ventila od pritiska vazdušnouđarnih talasa, Naučno-tehnički pregled, Vol. XXXVII, 1987., br. 2, str. 3-7.
- [6] Rahmaturin, H. A., Semenov, S. S.: Udarnie trubi, Izdanje inostrane literature, Moskva, 1962.
- [7] Reichenbach, H.: Simulierung langdauernder Drucksosse, EMI, Berlin, 1964., 10.
- [8] Knežević, S.: Nalaženje analitičkog izraza vremena zatvaranja protivudarnih ventila, Naučno-tehnički pregled, Vol. XXXV, 1985., br. 9, str. 6-13.
- [9] Knežević, D.: Analitičko definisanje kriterijuma za ocenu valjanosti ventila namenjenih za zaštitu od prodora impulsa pritiska vazdušnouđarnog talasa nuklearne eksplozije u unutrašnjost objekta, Naučno-tehnički pregled, Vol. XLI, 1991., br. 4, str. 47-52.
- [10] Schardin, H.: Simulierung von Druckstossen beliebig langer Dauer in einem Stosswellenrohr, Wehrtechnische Monatschrift, 1966., 4.
- [11] Sinovčić, V., Knežević, D., Živanović, M.: Simulatori vazdušnouđarnog talasa klasične i nuklearne eksplozije, Vojnotehnički institut KoV, Beograd, 1976.
- [12] Knežević, D.: Analitičko definisanje vremena zatvaranja protivudarnih ventila, Vojnotehnički glasnik, Beograd, 1991., br. 1, str. 60-66.
- [13] Mandić, J.: Simulatori impulsa pritiska, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1974.
- [14] Oertel, H.: Stossrohre. Springer, Wien, 1966.